

BAB IV

PEMILIHAN KOMPONEN SISTEM REFRIGERASI

Setelah beban refrigerasi diketahui, maka langkah selanjutnya ialah pemilihan komponen-komponen sistem refrigerasi. Komponen-komponen yang dibutuhkan dalam perancangan *Green Medical Box Portable* antara lain : kompresor DC hermetic, kondenser, pipa kapiler, evaporator, solenoid valve, thermostat dan *low pressure switch*.

4.1 KOMPRESOR

Dari beban total refrigerasi, temperatur evaporator dan temperatur kondenser didapat tipe kompresor yang cocok dipakai untuk sistem *Green Medical Box Portable*. Meskipun evaporator pada sistem refrigerasi *Green Medical Box Portable* ada dua, untuk pemilihan kompresor Danfoss, data temperatur evaporator yang diambil ialah temperatur evaporator di freezer(-20 °C), diambil karena temperaturnya paling rendah. Dari data sebelumnya, beban total refrigerasi 446,055 watt, temperatur evaporator -20 °C, temperatur kondenser 35 °C dan refrigeran yang digunakan R 600a maka dengan menggunakan software RS+3, yaitu software untuk memilih kompresor Danfoss (gambar 4.1), kompresor yang sesuai adalah tipe BD35K dengan code number 100Z0211.

Kompresor BD35K merupakan kompresor DC untuk aplikasi solar panel, selain itu dilengkapi dengan AEO (*Adaptive Energy Optimizing*) yang fungsinya untuk menyesuaikan rpm kompresor sesuai dengan beban yang diinginkan.

Danfoss RS+ 3 Version: 3.3 Compressor Selection Database version: 3.4

RS+3™

Selection mode: Compressors **D.C. Compressors**
 Hermetic Compressors P, T, F, N, S, G
 Reciprocating Compressors
 Scroll Compressors (Air Conditioning)
 Scroll Compressors (Refrigeration)

Model Selection
 Cooling Capacity W

Refrigerant:
 Mains Frequency:
 Mains Voltage (V):

Conditions:
 Evaporating temp. (dew): °C
 Condensing temp. (dew): °C

Evaporator Superheat: K
 Total Superheat: K
 Subcooling: K

Model	Code number	Refrigerant	Phases	Mains voltage (V)	Capacity (W)	Power input	COP	Current	Speed	Match
[-] BD35K	101Z0211	R600a	0	0-0	63	45	1,39	3,75	3.500	14%
[-] BD35K	101Z0211	R600a	0	0-0	54	38	1,44	3,15	3.000	12%
[-] BD35K	101Z0211	R600a	0	0-0	45	30	1,52	2,49	2.500	10%
[-] BD35K	101Z0211	R600a	0	0-0	37	24	1,57	1,98	2.000	8%
[+] BD35F	101Z0200	R134a	0	0-0	78	44	1,76	3,69	3.500	18%
[+] BD50F	101Z0203	R134a	0	0-0	95	65	1,46	5,36	3.500	21%
[+] BD250GH	101Z0400	R134a	0	0-0	116	86	1,35	7,14	4.400	26%
[+] BD80F	101Z0280	R134a	0	0-0	137	94	1,46	7,81	4.400	31%
[+] BD100CN	101Z0401	R290	0	0-0	150	98	1,54	8,16	4.400	34%
[+] BD250/250GH	101Z0500	R134a	0	0-0	232	171	1,35	14,28	4.400	52%
[-] BD250/250GH	101Z0500	R134a	0	0-0	202	143	1,41	11,93	3.800	45%
[-] BD250/250GH	101Z0500	R134a	0	0-0	168	114	1,47	9,47	3.100	38%
[-] BD250/250GH	101Z0500	R134a	0	0-0	141	92	1,52	7,70	2.500	32%

Gambar 4.1 Pemilihan kompresor DC dengan menggunakan software RS+3

Dibawah ini merupakan tabel data tambahan dari kompresor BD35K :

Tabel 4-1 Data spesifikasi kompresor BD35K

Capacity (EN 12900 Household/CECOMAF)										12V DC static cooling			watt
rpm \ °C	-30	-25	-23.3	-20	-15	-10	-5	0	5	7.2	10	15	
2,000	13.2	21.0	23.8	29.7	39.6	51.0	64.0	79.1	96.3	105	116		
2,500	16.8	25.5	28.8	35.6	47.5	61.3	77.5	96.2	118	128			
3,000	20.7	30.5	34.3	42.3	56.3	72.9	92.4	115					
3,500	24.9	36.0	40.2	49.3	65.1	83.8	106						

Capacity (ASHRAE LBP)										12V DC static cooling			watt
rpm \ °C	-30	-25	-23.3	-20	-15	-10	-5	0	5	7.2	10	15	
2,000	16.0	25.5	29.0	36.1	48.2	62.1	78.0	96.4	118	128	142		
2,500	20.4	31.0	35.0	43.4	57.8	74.7	94.4	117	144	157			
3,000	25.2	37.1	41.7	51.4	68.5	88.7	113	140					
3,500	30.3	43.8	49.0	59.9	79.2	102	129						

Power consumption										12V DC static cooling			watt
rpm \ °C	-30	-25	-23.3	-20	-15	-10	-5	0	5	7.2	10	15	
2,000	18.5	22.5	23.9	26.4	30.3	34.2	38.0	41.8	45.7	47.4	49.6		
2,500	23.8	28.5	30.0	32.9	37.2	41.5	45.8	50.2	54.9	57.1			
3,000	29.5	35.9	38.0	41.8	47.4	52.9	58.6	64.6					
3,500	35.1	42.7	45.2	49.7	56.4	63.0	69.7						

Current consumption (for 24V applications the following must be halved)										12V DC static cooling			A
rpm \ °C	-30	-25	-23.3	-20	-15	-10	-5	0	5	7.2	10	15	
2,000	1.54	1.88	1.99	2.20	2.53	2.85	3.17	3.48	3.81	3.95	4.13		
2,500	1.98	2.37	2.50	2.75	3.10	3.46	3.82	4.19	4.58	4.76			
3,000	2.46	2.99	3.16	3.48	3.95	4.41	4.88	5.38					
3,500	2.93	3.56	3.76	4.15	4.70	5.25	5.81						

COP (EN 12900 Household/CECOMAF)										12V DC static cooling			W/W
rpm \ °C	-30	-25	-23.3	-20	-15	-10	-5	0	5	7.2	10	15	
2,000	0.71	0.93	1.00	1.12	1.31	1.49	1.69	1.89	2.11	2.21	2.34		
2,500	0.71	0.90	0.96	1.08	1.28	1.48	1.69	1.92	2.15	2.25			
3,000	0.70	0.85	0.90	1.01	1.19	1.38	1.58	1.78					
3,500	0.71	0.84	0.89	0.99	1.15	1.33	1.52						

COP (ASHRAE LBP)										12V DC static cooling			W/W
rpm \ °C	-30	-25	-23.3	-20	-15	-10	-5	0	5	7.2	10	15	
2,000	0.87	1.13	1.21	1.37	1.59	1.82	2.05	2.31	2.57	2.70	2.86		
2,500	0.86	1.09	1.17	1.32	1.55	1.80	2.06	2.34	2.62	2.74			
3,000	0.85	1.03	1.10	1.23	1.44	1.68	1.92	2.17					
3,500	0.86	1.03	1.08	1.21	1.40	1.62	1.85						

4.2 KONDENSER

Tidak ada jenis khusus untuk pemilihan kondenser pada BD compressor Danfoss, semua jenis bisa dipakai. Untuk *Green Medical Box Portable* ini, jenis kondenser yang dipakai *air cool*.

Untuk mengetahui jumlah beban di kondenser maka parameter-parameter yang perlu diketahui ialah temperatur evaporator, temperatur kondenser, jumlah panas yang dilepas di kondenser dan kapasitas kompresor.

Dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Beban kondenser} = (\text{kapasitas kompresor}) \times (\text{heat rejection factor}) \quad (4.1)$$

Heat rejection factor didapat dengan menggunakan table 4-1

Tabel 4-1 Heat rejection factor : suction-cooled hermetic compressor [5]

Evaporator Temp. (°C)	Condensing Temperature (°C)					
	32	38	43	49	54	60
-40	1.66	1.73	1.80	2.00		
-34	1.57	1.62	1.68	1.80		
-29	1.49	1.53	1.58	1.65		
-23	1.42	1.46	1.50	1.57	1.64	
-18	1.36	1.40	1.44	1.50	1.56	1.62
-15	1.33	1.37	1.41	1.46	1.52	1.59
-12	1.31	1.34	1.38	1.43	1.49	1.55
-9	1.28	1.32	1.35	1.40	1.46	1.52
-7	1.26	1.29	1.33	1.37	1.43	1.49
-4	1.24	1.27	1.31	1.35	1.40	1.45
-1	1.22	1.25	1.28	1.32	1.37	1.42
5	1.18	1.21	1.24	1.27	1.31	1.35
10	1.14	1.17	1.20	1.23	1.26	1.29

Temperatur rancangan untuk kondenser adalah 35 °C, evaporator *freezer* -20 °C dan evaporator *cooler* -2 °C, maka dari tabel 4-1 didapat *heat rejection factor* dengan cara interpolasi :

Langkah pertama mencari *heat rejection factor* dengan menggunakan data temperatur kondenser dan temperatur evaporator *cooler*.

	32	35	38
-4	1,24		1,27
-2			
-1	1,22		1,25

Dari tabel diatas maka interpolasi dilakukan 3 kali.

Interpolasi 1:

$$1,24 + \left(\left(\frac{-2 - (-4)}{-1 - (-4)} \right) \times (1,22 - 1,24) \right) = 1,227$$

	32	35	38
-4	1,24		1,27
-2	1,227		
-1	1,22		1,25

Interpolasi 2:

$$1,27 + \left(\left(\frac{-2 - (-4)}{-1 - (-4)} \right) \times (1,25 - 1,27) \right) = 1,257$$

	32	35	38
-4	1,24		1,27
-2	1,227		1,257
-1	1,22		1,25

Interpolasi 3 :

$$1,257 + \left(\left(\frac{35 - 38}{32 - 38} \right) \times (1,227 - 1,257) \right) = 1,242$$

	32	35	38
-4	1,24		1,27
-2	1,227	1,242	1,257
-1	1,22		1,25

Jadi *heat rejection factor* sebesar **1,242**.

Dengan menggunakan persamaan 4.1, besarnya beban kondenser ketika kalor diserap di *cooler* adalah :

$$\text{Beban kondenser} = (\text{kapasitas kompresor}) \times (\text{heat rejection factor})$$

Kapasitas kompresor pada tabel 4-1 dengan temperatur evaporator di *cooler* -2 °C / -5 °C dan rpm kompresor 3500 maka kapasitas kompresor 106 watt.

$$\begin{aligned} \text{Beban kondenser}_c &= (106 \text{ watt}) \times (1,242) \\ &= 131,652 \text{ watt} \end{aligned}$$

Langkah kedua mencari heat rejection factor dengan menggunakan data temperatur kondenser dan temperatur evaporator *freezer*.

	32	35	38
-23	1,24		1,46
-20			
-18	1,36		1,40

Interpolasi 1 :

$$1,42 + \left(\left(\frac{-20 - (-23)}{-18 - (-23)} \right) \times (1,36 - 1,42) \right) = 1,384$$

	32	35	38
-23	1,24		1,46
-20	1,384		
-18	1,36		1,40

Interpolasi 2 :

$$1,46 + \left(\left(\frac{-20 - (-23)}{-18 - (-23)} \right) \times (1,40 - 1,46) \right) = 1,424$$

	32	35	38
-23	1,24		1,46
-20	1,384		1,424
-18	1,36		1,40

Interpolasi 3 :

$$1,424 + \left(\left(\frac{35 - 38}{32 - 38} \right) \times (1,384 - 1,424) \right) = 1,404$$

	32	35	38
-23	1,24		1,46
-20	1,384	1,404	1,424
-18	1,36		1,40

Jadi, *heat rejection factor* sebesar **1,404**

Dengan menggunakan persamaan 4.1, besarnya beban kondenser ketika kalor diserap di *freezer* adalah :

$$\text{Beban kondenser} = (\text{kapasitas kompresor}) \times (\text{heat rejection factor})$$

Kapasitas kompresor pada tabel 4-1 dengan temperatur evaporator di *freezer* -20 dan rpm kompresor 3500 maka kapasitas kompresor 49,3 watt.

$$\begin{aligned}\text{Beban kondenser}_f &= (49,3\text{watt}) \times (1,404) \\ &= 69,22 \text{ watt}\end{aligned}$$

Jadi total beban kondenser merupakan penjumlahan beban kondenser_c dengan beban kondenser_f.

$$\begin{aligned}\text{Beban total kondenser} &= \text{beban kondenser}_c + \text{beban kondenser}_f \\ &= 131,652 + 69,22 \\ &= 200,872 \text{ watt}\end{aligned}$$

4.3 EVAPORATOR

Sama seperti halnya dalam pemilihan kondenser, untuk pemilihan evaporator dengan BD compressor Danfoss tidak ada spesifikasi yang khusus. Semua jenis evaporator bias dipakai. Tetapi untuk *Green Medical Box Portable*, jenis evaporator yang dipakai plat evaporator.

Kapasitas evaporator di *cooler* 153,432 watt, sedangkan kapasitas evaporator di *freezer* 116,904 watt.

4.4 PIPA KAPILER

Pipa kapiler merupakan pengontrol laju aliran refrigeran yang paling sederhana. Refrigeran yang melewati pipa kapiler dengan diameter yang sangat kecil dan panjang akan mengalami drop tekanan yang tinggi karena terjadi gesekan antara refrigeran dengan dinding bagian dalam pipa kapiler.

Untuk mencari berapa diameter dan panjang pipa kapiler yang sesuai dengan dengan kapasitas evaporator dan temperatur evaporator maka ada software khusus untuk menghitung diameter dan panjang pipa kapiler.

4.4.1 Ukuran Pipa Kapiler untuk *Freezer*

Untuk menghitung ukuran pipa kapiler yang dibutuhkan maka parameter yang harus diketahui adalah beban kalor di evaporator, temperatur evaporator, temperatur kondenser.

Sebelumnya sudah diketahui bahwa beban kalor di cooler 117 watt, temperatur evaporator -20°C dan temperatur kondenser 35°C .

DanCap™ Version 1.0 Database 1.0

Refrigerant: R600a

Input Data:

- A Heat load of the system: 117 W
- B Evaporating temperature: -20°C
- C Condensing temperature: 35°C
- D Return gas temperature: -10°C

Capillary Tube Recommendation

Flow Rate: 14.7 l/min (N₂ at delta p 10 nbar)

Length	Inner Diameter
0.44 m	0.026 in.
1.05 m	0.031 in.
2.22 m	0.036 in.
4.81 m	0.042 in.
6.07 m	0.044 in.
10.39 m	0.049 in.
11.50 m	0.050 in.
16.89 m	0.054 in.
18.51 m	0.055 in.

Optimal selection is highlighted in green.

Homepage: compressors.danfoss.com

Buttons: Help, Print, Settings

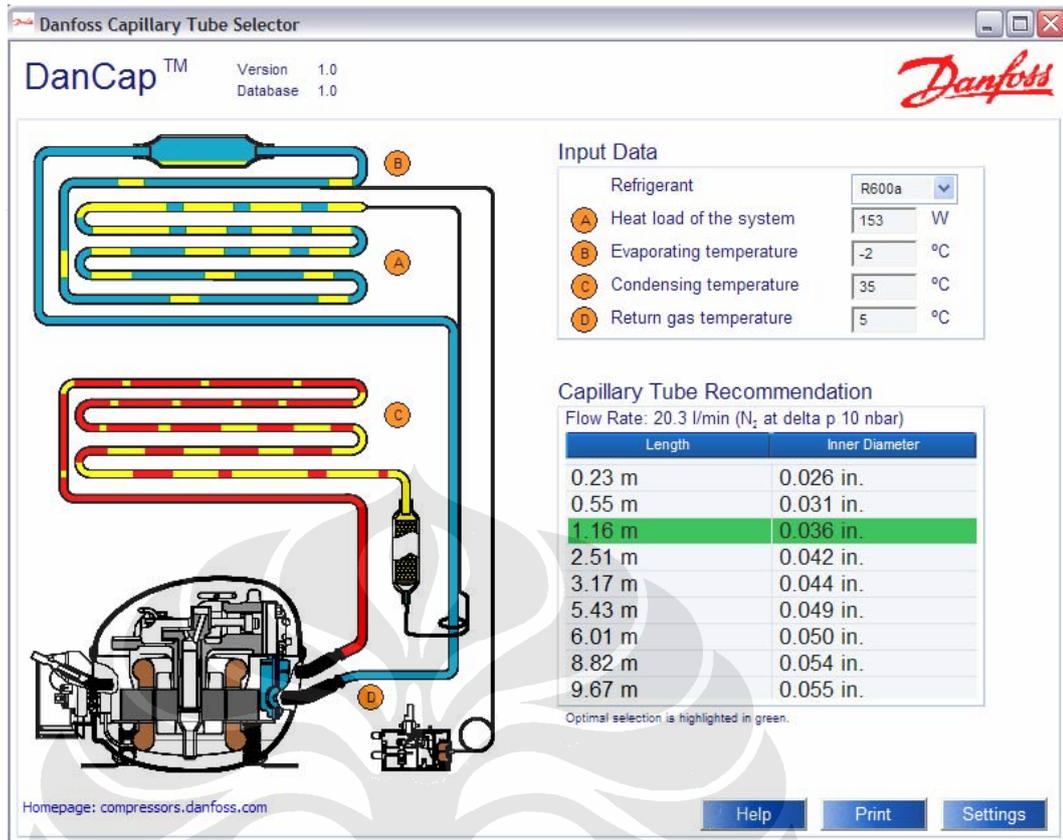
Gambar 4.2 Pemilihan pipa kapiler untuk *freezer* dengan software DanCap

Dengan menggunakan software DanCap (gambar 4.2), maka panjang pipa kapiler untuk *freezer* 2,22 m sedangkan diameter dalamnya 0,036 inci.

4.4.2 Ukuran Pipa Kapiler untuk *Cooler*

Sama seperti untuk pemilihan pipa kapiler untuk freezer, pemilihan pipa kapiler untuk cooler juga menggunakan software DanCap.

Beban kalor di cooler 153 watt, temperatur evaporator -2°C dan temperatur kondenser 35°C .



Gambar 4.3 Pemilihan pipa kapiler untuk cooler dengan software DanCap

Panjang pipa kapiler untuk cooler 1,16 m sedangkan diameter dalamnya 0,036 inci.

4.5 REFRIGERAN R 600a

Seperti yang telah diceritakan pada bab pendahuluan bahwa refrigeran yang dipakai adalah R 600a (Isobutana). R 600a merupakan refrigeran jenis hidrokarbon. Ada beberapa alasan mengapa R 600a dipakai pada sistem refrigerasi *Green Medical Box Portable* antara lain :

1. Tidak mengandung ODP (*ozon depleting potential*).
2. Nilai GWP (*global warming potential*) nol.
3. Rasio tekanan yang lebih rendah dibandingkan dengan refrigeran sintetik (CFC, HCFC, HFC) mengakibatkan kecilnya kerja kompresor yang diperlukan sehingga menghemat konsumsi energi.
4. Kalor laten dan efek refrigerasi yang lebih besar dari refrigeran sintetik.

5. Viskositas yang lebih kecil sehingga rugi-rugi tekanan di sepanjang pipa juga kecil sehingga meringankan kerja kompresor.
6. Kerapatan (density) yang lebih kecil mengakibatkan jumlah pemakaian hidrokarbon lebih sedikit, sekitar 30% dari berat penggunaan refrigeran sintetik untuk volume yang sama.

Tabel 4.3 Perbandingan dampak berbagai jenis refrigeran terhadap lingkungan [7]

Refrigeran	Formula	Usia aktif (tahun)	ODP	GWP
CFC-12	CCl_2F_2	120	1.0	4000
HCFC-22	CHClF_2	13.3	0.055	1700
HFC-134a	CH_2FCF_3	14.6	0	1300
Hidrokarbon	C_nH_m	<1	0	-

Selain itu juga, alasan penggunaan refrigeran jenis hidrokarbon untuk mendukung Konvensi Wina (22 Maret 1985) tentang perlindungan azon, Protokol Montreal (16 September 1987) yang membuat daftar bahan atau material yang termasuk ODS (*ozon depleting substance*), Amandemen London (27-29 Juni 1990) tentang jadwal penghapusan produksi ODS, Amandemen Copenhagen (23-25 Nopember 1992) tentang penjadwalan penghapusan HCFC dan Kep. Pres. No : 23 tahun 1992 tentang mertifikasi Konvensi Wina, Protokol Montreal dan Amandemen London.